

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

EXPLORATION DU PLI SPATIO-TEMPOREL
PAR UNE PRATIQUE INSTALLATIVE
DE LA VIDÉO ET DE L'IMAGERIE DE SYNTHÈSE

MÉMOIRE – CRÉATION
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ARTS VISUELS ET MÉDIATIQUES

PAR
BENOIT ROBERT

Mai 2016

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

En premier lieu, j'aimerais remercier ma directrice de recherche, Gisèle Trudel, artiste et professeure à l'École des arts visuels et médiatiques à l'Université du Québec à Montréal, pour son généreux encadrement théorique et artistique, pour ses questions pleines de sagesse et ses précieux conseils qui ont su canaliser mes recherches et conférer plus de cohérence à ma démarche. Je tiens également à remercier, de tout cœur, ma tendre et compréhensive conjointe, Isabelle Fillion, pour sa patience et son soutien exceptionnel tout au long de ces cinq éprouvantes années.

Je remercie tous les professeurs et les chargés de cours que j'ai côtoyés durant mon parcours universitaire, pour la générosité de leur enseignement et leur objectivité envers mon travail. En particulier, je remercie Jean-Pierre Gilbert, Hélène Doyon, Jean Dubois, Alain Paiement, Marie-Josée Jean, Philippe Dubois et David Tomas pour la transmission de leurs connaissances, leur avis et leurs conseils. Merci à Carole Dubois et Barbara Wall pour leur appui au cours de mon cheminement inhabituel.

Merci à Guy Perreault pour ses précieux conseils linguistiques, son enthousiasme et sa flexibilité. Merci à Dave Gagnon pour sa collaboration musicale exemplaire durant mon exposition de fin de maîtrise. Merci à Catherine Béliveau, Martin Pelletier, Hexagram-UQAM, ainsi que le Grupmuv, groupe de recherche sur le dessin et l'image en mouvement, sans qui mon exposition de fin de maîtrise n'aurait pas été possible. Merci à ma galeriste Luz Zapata pour ses conseils, son avis éclairé et sa confiance.

Merci à mes employeurs et collègues, compréhensifs et patients, chez Digital Dimension, NAD-UQAC et Tianjin University of Technology. Merci à ma famille, Paule, Guy, Isabelle, Félix, Cécile, Michel, Julie, Marc-André, Mathis et Livia, pour leur compréhension et leurs précieux encouragements.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	v
RÉSUMÉ	vii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1	4
1.1 Une question, au départ.....	4
1.2 Le Pli, à l'infini.....	5
1.3 La Gestalt.....	7
1.4 L'apprentissage-machine profond.....	8
1.5 Le photocollage, une pratique artistique du pli spatio-temporel.....	11
1.6 Plis concrétisés.....	14
1.7 Déplie d'un regard automate.....	19
1.8 Repli.....	20
1.9 Fusion de deux points de vue.....	22
1.10 Point de vue sur le pli spatio-temporel.....	22
CHAPITRE 2	24
2.1 Articulations et analogies.....	24
2.2 Plis et articulations.....	26
2.3 L-System.....	28
2.4 L-System à travers ma pratique.....	31
2.5 L'articulation Cohen-AARON.....	32
2.6 Créativité et relation artiste-machine.....	35
2.7 La relation artiste-machine dans mon travail.....	37
2.8 <i>Cellular Forms</i>	40
2.9 Modulations et formes.....	44

2.10	Modulations et interactivité.....	46
2.11	Repli réflexif sur la modulation.....	48
CONCLUSION.....		50
TABLEAU		52
1.0	L-System : une feuille de rose.....	52
RÉFÉRENCES.....		53

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1.1	Deleuze, G. (1988). <i>Le Pli. Leibniz et le Baroque</i> . Paris : Les Éditions de Minuit, p. 27.....	6
1.2	Hegde, A. (2013). <i>Deep Learning – A Literature survey</i> , p. 29	9
1.3	Woodley, R. et Mers, A. (2014). <i>60 facial dimensions</i>	9
1.4	Hockney, D. (artiste). (1983). <i>Gregory Reading in Kyoto</i> , Italie : Galleria il Ponte.....	11
1.5	Medam, Y. (artiste). (2013). <i>Lisbonne 16</i> , Canada : Galerie Dominique Bouffard.....	12
1.6	Campbell, J. (artiste). (2001). <i>Dynamism of a cow, (Averaged over 2 minutes)</i> , Graphicstudio / U.S.F.....	13
1.7	Campbell, J. (artiste). (2001). <i>Dynamism of the news (Averaged)</i> , Graphicstudio / U.S.F.....	13
1.8	Robert, B. (artiste). (2010). <i>Esquisse pour l'œuvre Déplie d'un regard automate</i>	15
1.9	Robert, B. (artiste). (2010). <i>Esquisse pour l'œuvre Déplie d'un regard automate</i>	15
1.10	Robert, B. (artiste). (2010). <i>Esquisse pour l'œuvre Déplie d'un regard automate</i>	16
1.11	Robert, B. (artiste). (2010). <i>Esquisse pour l'œuvre Déplie d'un regard automate</i>	17
1.12	Robert, B. (artiste). (2010). <i>Esquisse pour l'œuvre Déplie d'un regard automate</i>	18
1.13	Robert, B. (artiste). (2010). <i>Déplie d'un regard automate N° 1</i>	19

2.1	Séquences développementales des filaments de cyanobactéries <i>Anabaena</i> . Przemyslaw Prusinkiewicz – <i>Introduction to Modeling with L-systems</i>	29
2.2	Développement de l'élongation cellulaire de la cyanobactérie <i>Anabaena</i>	29
2.3	Exemple de dérivation déterministe dans un DOL-System	30
2.4	Exemple de dérivation non déterministe dans un L-System	30
2.5	Robert, B. (artiste). (2010). Esquisse.....	31
2.6	Règle de production de la courbe de Koch.....	32
2.7	Cohen, H. (artiste). (2008). 080926-32.....	34
2.8	Robert, B. (artiste). (2014). <i>Systémique in silico</i>	37
2.9	Robert, B. (artiste). (2014). Esquisse réalisée pour l'œuvre <i>Systémique in silico</i>	38
2.10	Robert, B. (artiste). (2014). <i>Crossed Trails</i>	39
2.11	Robert, B. (artiste). (2014). Détail du système de règles de l'oeuvre <i>Crossed Trails</i>	39
2.12	Lomas, A. (artiste). (2014). <i>Cellular Form 18_0011_0023</i>	42
2.13	Robert, B. (artiste). (2014). <i>Morphogenèse</i>	45
2.14	Robert, B. (artiste). (2014). <i>Morphogenèse</i>	45
2.15	Robert, B. (artiste). (2015). <i>Empty Space XY</i>	47

RÉSUMÉ

Mon mémoire-création propose une réflexion sur un processus de création non linéaire du temps et de l'espace, comme source d'émergence des formes numériques.

Ce texte d'accompagnement aborde le concept de « pli » spatio-temporel (Deleuze, 1988) en mettant l'accent sur son implication dans la génération des formes. La théorie de la Gestalt (Grondin, 2013) en psychologie cognitive et les algorithmes d'apprentissage-machine profond (LeCun, Bengio et Hinton, 2015) alimentent la réflexion sur le traitement de l'information visuelle et sa transposition en mémoire. Une sélection d'œuvres des artistes David Hockney, Yves Medam et Jim Campbell font l'objet d'une analyse afin d'éclairer ma méthodologie de travail.

La notion « mouler – moduler » (Simondon, 1964) est également abordée afin d'étudier la forme en mouvement. Le système de génération de formes numériques conçu par les scientifiques A. Lindenmayer et P. Prusinkiewicz, de même que ceux conçus par les artistes H. Cohen et A. Lomas sont étudiés en détail, mettant ainsi en évidence l'intérêt du caractère non déterministe des agencements procéduraux entre les éléments générés.

Ma recherche multidisciplinaire tire profit de l'ordinateur pour explorer des systèmes formels génératifs en perpétuelle quête d'équilibre. La forme sans cesse redéfinie est issue d'une modulation non déterministe de forces. Mes photomontages, vidéos et installations interactives sont principalement conçus au moyen du langage de programmation nodal ICE, disponible au sein du logiciel Autodesk Softimage, un environnement 3D destiné à la création d'images de synthèse.

Grâce à la cocréation artiste-machine en art génératif, ma recherche-création se trouve en résonance avec une articulation spatio-temporelle qui module de l'intérieur la forme même de ma démarche artistique.

MOTS CLÉS : PLI, FORME, SPATIO-TEMPORALITÉ, ART GÉNÉRATIF
KEYWORDS: FOLD, FORM, SPACE-TIME, GENERATIVE ART

INTRODUCTION

Dans le domaine des arts visuels, le thème de la génération des formes s'étend et évolue sur un riche territoire multidisciplinaire. Au cours de mes études à la maîtrise, mes travaux, nourris par des recherches sur les articulations non déterministes impliquées dans les plis spatio-temporels des formes générées, ont été actualisés par la pratique du photomontage numérique, de la vidéo et de la programmation nodale en imagerie de synthèse.

J'ai amorcé mes études à temps partiel à la maîtrise il y a cinq ans. Ce parcours prolongé, jalonné d'expérimentations étendues et de nombreuses réorientations conceptuelles, a eu des effets bénéfiques sur ma pratique et mon cheminement réflexif.

Au fil de mon parcours, mon champ d'intérêt a été marqué de manière progressive par la philosophie, la psychologie de la forme, l'apprentissage-machine et les systèmes auto-organisés. Mon approche multidisciplinaire a également été nourrie par les mathématiques, la physique, la biologie et l'ingénierie logicielle. Tous ces domaines sont réunis dans l'élaboration de ma problématique de recherche : la génération des formes numériques par l'étude de la spatiotemporalité.

À l'aide de l'ordinateur, j'ai réalisé des esquisses et des œuvres découlant d'une approche processuelle non déterministe. Pour étayer ma réflexion sur les diverses méthodes utilisées pour traiter du temps et de l'espace relativement aux formes en transformation, et étant donné le caractère technologique de mon travail, je présenterai mes expérimentations techniques de manière détaillée. Cela me permettra de montrer l'évolution de mon travail au cours des cinq dernières années.

Dans le premier chapitre, nous verrons comment mes travaux sur les plis spatio-temporels ont provoqué un déplacement de ma pratique artistique du photomontage vers la vidéo numérique. Durant cette période, une question a orienté mon travail de création : est-il possible de mettre en forme ou en image une vision non linéaire du temps qui se plie et se touche en divers points de contact? Cette recherche a été appuyée, entre autres, par le concept du pli (Deleuze, 1988), la théorie de la Gestalt (Grondin, 2013) en psychologie cognitive, de même que les découvertes récentes dans le domaine des algorithmes d'apprentissage-machine profond (LeCun, Bengio, et Hinton, 2015). Les photocollages et œuvres des artistes David Hockney, Yves Medam et Jim Campbell font l'objet d'une analyse poussée pour éclairer ma méthodologie de travail en tant qu'exploration du pli spatio-temporel.

Dans le deuxième chapitre, j'explicitai les étapes de mon second bloc d'études à la maîtrise couvrant les années 2012 à 2015, qui m'ont mené à traiter de la notion « mouler – moduler », développée par les philosophes français Gilbert Simondon et Gilles Deleuze, et des rapports de similitude et de relation. Je traiterai du *L-System*, une approche biomathématique du développement des plantes à l'échelle cellulaire, élaborée par les scientifiques Aristid Lindenmayer et Przemyslaw Prusinkiewicz. J'aborderai la génération d'organisations formelles et chromatiques de l'artiste et théoricien britannique Harold Cohen, ainsi que la génération procédurale de formes auto-organisées de l'artiste britannique et ingénieur informatique Andy Lomas. Je discuterai également de la génération de formes, du déploiement des particules dans le contexte de l'imagerie de synthèse et du processus d'analogie par modulation. Ma démarche en ressortira modifiée, passant du mode de l'analogie par relation au mode de l'analogie par modulation.

En conclusion, je serai à même de préciser l'évolution de mon propre travail sur l'articulation des forces non déterministes impliquées au cœur des modulations de

formes. De cette manière, le déplacement de ma pratique de la vidéo numérique vers l'imagerie de synthèse me permettra d'élaborer sur la nouvelle relation de cocréation artiste-machine en art numérique.

CHAPITRE 1

Je discuterai d'abord de mes explorations du concept du « pli » élaboré par le philosophe français Gilles Deleuze (1988), de la théorie de la Gestalt, puis des théories informatiques d'algorithmes d'apprentissage-machine profond (*deep learning*). Les œuvres de David Hockney (fragments spatiaux et temporels réunis sur un seul plan), d'Yves Medam (variations temporelles générant des flous et des déséquilibres dans l'image) et de Jim Campbell (superposition de formes en mouvement menant à l'abstraction) viendront ponctuer l'analyse de mon propre processus artistique à travers ma production de cette période.

1.1 Une question, au départ

Au début de mes études à la maîtrise, en 2010 et 2011, une question a orienté mon travail de création. Bien qu'elle se soit précisée au cours de la réalisation du travail, je pourrais aujourd'hui la formuler ainsi : *Est-il possible de mettre en forme ou en image une vision non linéaire du temps qui se plie et se touche en divers points de contact?*

Pour moi, les ramifications de cette question couvrent un territoire de réflexions qui a alimenté, orienté et transformé ma recherche à travers sa conception, sa réalisation et sa diffusion. Ce questionnement m'a mené à réaliser des esquisses, des croquis, des recherches photographiques et des manipulations d'images numériques. Au cours de la réalisation, j'ai mis à l'épreuve chacun de mes choix artistiques et techniques en gardant à l'esprit ma problématique de recherche : la génération des formes numériques par l'étude de la spatio-temporalité. Ainsi, les choix de mes captures photographiques et vidéographiques, les choix de mes interventions sur les images captées et les choix des éléments joints aux images ont toujours eu un même objectif,

celui de mettre en image une vision non linéaire du temps qui se plie lorsqu'une forme se génère et se transforme selon sa spatio-temporalité distincte.

1.2 Le Pli, à l'infini

L'événement est une vibration, avec une infinité d'harmoniques ou de sous-multiples, telle une onde sonore, une onde lumineuse, ou même une partie d'espace de plus en plus petite pendant une durée de plus en plus petite. Car l'espace et le temps sont, non pas des limites, mais les coordonnées abstraites de toutes les séries, elles-mêmes en extension : la minute, la seconde, le dixième de seconde ... (Deleuze, 1988, p. 105)

La pensée de Gilles Deleuze a habité mes réflexions au cours de cette période. En particulier le concept de « pli », avec la ligne, se pliant et se repliant infiniment.

Aussi le labyrinthe du continu n'est pas une ligne qui se dissoudrait en points indépendants, comme le sable fluide en grains, mais comme une étoffe ou une feuille de papier qui se divise en plis à l'infini ou se décompose en mouvements courbes, chacun déterminé par l'entourage consistant ou conspirant. (*Ibid.*, p. 9)

Deleuze explique que les lignes tendues à l'infini, telles que l'espace ou le fil du temps, se plient et se replient à l'infini, en créant des « points de vue » du côté concave des courbures.

Partant d'une branche de l'inflexion, nous déterminons un point qui n'est plus celui qui parcourt l'inflexion, ni le point d'inflexion même, mais celui où se rencontrent les perpendiculaires aux tangentes dans un état de la variation. (*Ibid.*, p. 27)



Figure 1.1 : Deleuze, G. (auteur). (Le Pli. Leibniz et le Baroque, 1988, p. 27)

Le point de vue est défini par un contexte spatio-temporel actif, un « événement » vibratile de forces et d'activités parcourues d'intensités respectives. Telle une ligne sinusoïdale qui se déploie dans le temps, l'événement affecte et est affecté par les diverses amplitudes et fréquences de sa propre courbure tout en étant soumis aux forces environnantes.

Ce n'est pas exactement un point, mais un lieu, une position, un site, un « foyer linéaire », ligne issue de lignes. On l'appelle point de vue pour autant qu'il représente la variation ou inflexion. (Deleuze, 1988, p. 105, p. 27)

Sur cette ligne pliée à l'infini, la distance entre deux plis est variée et variable dans l'espace et dans le temps. Dans un pli, deux instants ou deux moments peuvent-ils se rapprocher jusqu'à se toucher? Provoqué par un changement dans l'espace-temps, le site ou le « foyer de points de vue », quant à lui, embrasse toute une zone d'événements donnant la courbe, accumulant les forces et produisant des intensités variées.

Ceci implique que, pour qu'une forme soit générée, un pli doit affecter un foyer de points de vue. La forme dans son présent et dans son agencement avec un passé est ainsi entendue comme « événement », c'est-à-dire un site d'activité fertile, issu de la multiplicité des courbures.

[...] l'événement c'est ce qui se rapporte à l'existence et au temps. En ce sens, il n'y a pas d'événement sans rapports. L'événement est toujours un rapport, il

est non seulement un rapport avec l'existence et le temps, mais il est un rapport à l'existence et au temps. (Deleuze, 1987, p. 11¹)

J'ai longuement cherché une manière d'évoquer visuellement ce rapport de formes générées par et avec la temporalité. Or, mettre en image les replis du temps s'avéra un défi créatif important qui m'amena à étendre mes réflexions et mes recherches sur cette thématique, constituant alors un « foyer de points de vue ».

1.3 La Gestalt

Considérons la forme du point de vue de la psychologie cognitive, à travers la Gestalt-théorie. Selon cette approche subjective, la compréhension théorique des formes est liée au processus de la perception et à la représentation mentale. Une particularité de la Gestalt est d'envisager la compréhension des phénomènes impliqués dans la reconnaissance des formes comme des ensembles structurés plutôt que comme une juxtaposition d'éléments.

Les fondateurs de l'école de la Gestalt (Wertheimer, Koffka et Köhler) s'opposent à cette position associationniste. Pour ces auteurs, la perception que nous avons du monde n'est pas une simple addition d'éléments séparés. Elle se constitue en ensembles organisés de « formes » globales qui donnent sens à ce que nous percevons. (Lemaire, 1999, p. 78)

La Gestalt écarte l'idée que ces structures mentales soient subdivisibles en éléments plus simples et les conçoit plutôt comme des ensembles organisés. Cette compréhension de la perception visuelle place l'organisation de la mémoire au cœur du phénomène de la reconnaissance des formes.

1

[en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL :
<http://www.webdeleuze.com/php/texte.php?cle=135&groupe=Leibniz&langue=1>

Il y a dans cette notion de Gestalt l'idée que percevoir, c'est plus que l'ensemble des sensations produites par des stimuli. Il y a une organisation de ces stimuli. Une personne organise les éléments d'une scène visuelle pour en extraire un sens. (Grondin, 2013, p. 105)

Dans cette optique, j'ai développé mes recherches autour du lien entre l'objet perçu et les souvenirs impliqués dans la reconnaissance d'un objet ou d'une forme, en réfléchissant à la courbure du fil du temps impliqué par ce phénomène, repliant le temps sur lui-même, superposant le passé et le présent.

Le but fondamental de la reconnaissance visuelle est d'établir un lien entre un percept et des connaissances déjà stockées dans la mémoire à court et à long terme. (Pacherie et Proust, 2004, p. 215)

Nous verrons sous peu que mon point de vue sur la mémoire, évoqué dans *Déplie d'un regard automate N° 1* (voir Figure 1.13, p. 19 de ce mémoire), comporte de riches correspondances avec la théorie de la Gestalt.

1.4 L'apprentissage-machine profond

Parallèlement, j'ai également ressenti le besoin d'approfondir des recherches autour de l'apprentissage-machine, afin d'ouvrir le champ de points de vue sur la mémoire des formes et d'inclure le territoire occupé par les instruments de la création numérique.

Deep learning allows computational models that are composed of multiple processing layers to learn representations of data with multiple levels of abstraction. These methods have dramatically improved the state-of-the-art in speech recognition, visual object recognition, object detection and many other domains such as drug discovery and genomics. Deep learning discovers intricate structure in large data sets by using the back propagation algorithm to indicate how a machine should change its internal parameters that are

used to compute the representation in each layer from the representation in the previous layer. Deep convolutional nets have brought about breakthroughs in processing images, video, speech and audio, whereas recurrent nets have shone light on sequential data such as text and speech. (LeCun, Bengio et Hinton, 2015, p. 436)

Les algorithmes d'apprentissage-machine profond tentent d'analyser les images captées au fil du temps pour en faire ressortir les éléments les plus caractéristiques. Ils les interprètent en fonction de leur forme et de leur similitude avec les différents modèles mémoires déjà emmagasinés. Par la suite, ils sauvegardent les résultats des analyses dans la mémoire de l'ordinateur en modifiant les modèles déjà établis afin de les préciser, améliorant ainsi les prochaines analyses. Les algorithmes d'apprentissage-machine profond sont des systèmes dynamiques qui évoluent au fil des analyses.

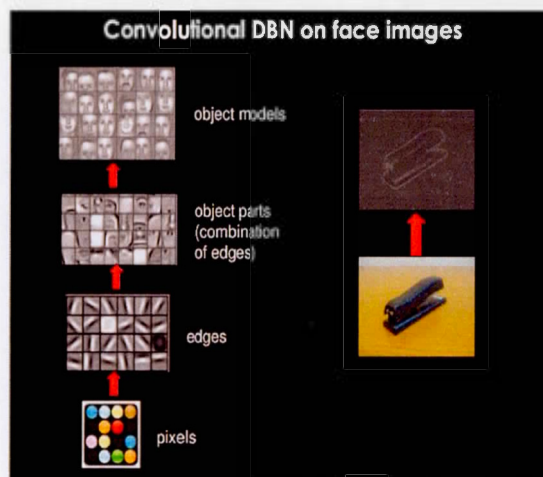


Figure 1.2 : Hegde, A. (2013). *Deep Learning - A Literature survey*, 29.

Décomposition des niveaux de représentation impliqués lors de l'analyse d'images numériques par apprentissage-machine profond.

[en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : <http://fr.slideshare.net/akshaymuroor/deep-learning-24650492>.

Figure 1.3 : R. Woodley et A. Mers. (2014). *60 facial dimensions*.

Identification de 60 caractéristiques du visage à partir de 1 000 photographies. Pour chaque photographie, une image moyenne (telle que celle-ci) a été construite afin d'en extraire diverses mesures.

[en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2701254/Want-DONT-look-like-Online-tool-uses-selfie-reveal-face-exactly-opposite-features.html>

Les figures 1.2 et 1.3 présentent, respectivement, les processus numériques impliqués dans l'analyse profonde des images par procédé algorithmique, et une représentation numérique d'un ensemble d'analyses de portraits utilisé comme modèle de référence.

A special unit called the memory cell acts like an accumulator or a gated leaky neuron: it has a connection to itself at the next time step that has a weight of one, so it copies its own real-valued state and accumulates the external signal, but this self-connection is multiplicatively gated by another unit that learns to decide when to clear the content of the memory. (LeCun, Bengio et Hinton, 2015, p. 442)

Ultérieurement, cette banque mémoire, tel un accumulateur, permet de créer des rapports associatifs complexes entre ce qui a été stocké sur la machine et le présent, transformant le cours de l'analyse des images. Cette manière d'aborder la reconnaissance visuelle offre l'avantage de considérer la formation des formes en subdivisant chacune des étapes selon une approche évolutive et ouvre la voie à la création d'œuvres numériques évoluant en fonction de leur contexte.

Proposals include the Neural Turing Machine in which the network is augmented by a "tape-like" memory that the RNN (recurrent neural network) can choose to read from or write to, and memory networks, in which a regular network is augmented by a kind of associative memory. [...] Beyond simple memorization, neural Turing machines and memory networks are being used for tasks that would normally require reasoning and symbol manipulation. Neural Turing machines can be taught "algorithms". (Ibid., p. 442)

Grâce au protocole *RNN* (*recurrent neural network* ou réseau de neurones récurrents), l'ordinateur est à même de choisir, en cours d'analyse, de lire ou d'écrire dans le réseau de mémoire, en fonction du contexte et des événements. Ceci permet d'utiliser l'ordinateur pour réaliser des tâches qui requéraient jusqu'alors la faculté de raisonner et de manipuler des symboles propres à l'humain.

Le sujet de mes œuvres, tout comme mon utilisation non déterministe de la programmation procédurale dédiée à l'imagerie de synthèse et à la vidéo numérique, entre en résonance avec les algorithmes d'apprentissage-machine profond.

1.5 Le photocollage, une pratique artistique du pli spatio-temporel



Figure 1.4 : Hockney, D. (artiste). (1983). *Gregory Reading in Kyoto*, Italie : Galleria il Ponte.

Le photocollage *Gregory Reading in Kyoto* (1983), de l'artiste britannique David Hockney, évoque bien une vision non linéaire du temps puisque les multiples photographies dont elle est composée mettent en rapport autant de temporalités. Dans cette œuvre, nous pouvons remarquer des variations de postures chez le personnage central (la position de sa main droite, sa tête posée ou non contre sa main gauche). Ceci implique que son corps fut en mouvement durant le laps de temps séparant les captures photographiques. D'ailleurs, une analyse attentive fera remarquer que

l'intensité, de même que la chaleur de la lumière, varie entre les photographies, signe que quelques heures ont pu s'écouler entre les prises de vue.

La disposition de ce florilège d'instantanés se présente comme une structure organisée comme un tout (Gestalt), mais également comme un « foyer de points de vue » (Deleuze) sur la courbure du temps et de l'espace de cet après-midi de lecture. Cette collection photographique pourrait de même constituer une « banque mémoire » pour un ordinateur, permettant d'établir des rapports associatifs (apprentissage-machine profond). Depuis quelques années, je suis fasciné par cette œuvre de Hockney; par ce qui entre en résonance avec mon projet de recherche, bien sûr, mais aussi par l'interface entre le présent et le passé des formes photographiées.



Figure 1.5 : Medam, Y. (artiste). (2013). *Lisbonne 16*, Canada : Galerie Dominique Bouffard.

Un peu à la manière de Hockney, le photocollage *Lisbonne 16* (2013), de l'artiste québécois Yves Medam, recompose un espace en juxtaposant des prises de vue toutes captées à partir d'un même lieu, durant un laps de temps indéterminé. Ce regroupement d'images crée de multiples rapports associatifs entre les éléments qui composent la scène. Des traits distinguent ce travail de celui de Hockney. Dans la périphérie de l'œuvre, de multiples images subtilement différentes se superposent et s'accumulent les unes sur les autres par semi-transparence. Ceci a pour effet de compresser la spatio-temporalité de cette partie de l'image et de replier de multiples instants sur un même espace jusqu'à rendre la zone floue.

Si nous poursuivons dans cette direction, nous pouvons penser à la série *Dynamism*, de l'artiste américain Jim Campbell.



Figure 1.6 : Campbell, J. (artiste). (2001).
Dynamism of a cow (Averaged over 2 minutes),
Graphicstudio / U.S.F.



Figure 1.7 : Campbell, J. (artiste). (2001).
Dynamism of the news (Averaged), Graphicstudio /
U.S.F.

Ici, ce sont toutes les images captées durant l'intervalle de temps qui sont superposées, brouillant l'image jusqu'à rendre les éléments qui la composent pratiquement impossibles à reconnaître. Le titre devient alors une attache importante dans l'association des formes et des souvenirs. La force de ces images réside dans une

accumulation d'instantanés où la *forme est mouvement*, et non pas un signe fixe à identifier. Dans l'approche proposée par les algorithmes d'apprentissage-machine profond, une sélection non déterministe filtre les éléments de l'image qui seront stockés.

Une deuxième divergence entre l'œuvre de Hockney et celle de Medam tient dans la forme d'ensemble qu'occupe l'amas photographique dans l'œuvre. Medam exploite l'entièreté de la surface alors que le regroupement photographique de Hockney s'étire à la manière de rhizomes, sans jamais toucher au cadre. Nous verrons plus tard que je ferai appel à trois de ces procédés : la juxtaposition de photographies, la superposition d'images par semi-transparence et le déploiement des éléments dans l'espace.

1.6 Plis concrétisés

À cette période, mon cheminement pratique se développa à partir des prémisses suivantes : au moyen du photomontage, sur une grande photographie d'un lieu public, j'ai voulu créer un chemin pour l'œil en liant certains éléments qui composent l'image. J'ai superposé des détails photographiques, ainsi que des gros plans d'objets et d'individus, sur les principaux éléments figurant dans la photographie. J'ai choisi des images exogènes, prises de très près, telle une collection de formes semblables. J'ai lié entre eux les détails photographiques pour créer un « foyer » de points de vue sur la scène. Au cours de la réalisation, j'ai établi mes choix artistiques de manière à évoquer des rapprochements entre les formes passées et les formes générées, en créant des tensions entre les éléments.

Dans un premier temps, j'ai réalisé un repérage de lieux pour la photographie principale. J'ai opté pour un lieu public tel qu'une rue passante ou une station de

métro à l'heure de pointe. J'ai pris les photographies en marchant parmi les passants, à la hauteur des yeux, avec une lentille à grand angle. Le repérage photographique s'avéra plus long que prévu à cause d'éclairages inadéquats ou d'un nombre de passants insuffisant. Par contre, lors de cette prise de vue, un test orienta fortement le projet. Ayant trouvé une prise de vue regorgeant d'éléments, je me mis à me rapprocher récursivement des différents détails pour les photographier de plus près les uns après les autres. Après chaque prise de vue, je revenais me placer à l'emplacement de la prise de vue principale afin de choisir le prochain détail à photographier dans la composition. En regardant les résultats, les détails photographiques me rappelaient plutôt un effet de vision à travers des jumelles que l'effet d'un pli temporel. Je compris alors l'intérêt de photographier des éléments différents des détails figurant déjà dans la photographie principale, afin de créer un contraste de contexte et des variations temporelles.



Figure 1.8 : Robert, B. (artiste). (2010). Esquisse pour l'œuvre *Déplie d'un regard automate*



Figure 1.9 : Robert, B. (artiste). (2010). Esquisse pour l'œuvre *Déplie d'un regard automate*

J'ai aussi réalisé une recherche visuelle et technique pour donner à cette image un aspect légèrement imprécis, combinant certains détails de l'image, produisant des passages entre les formes et regroupant les détails en masses de couleurs. Malgré la multitude de filtres logiciels qui étaient à ma disposition dans les logiciels Adobe Photoshop, Corel Painter et The Foundry Nuke, cette recherche technique s'avéra

décevante, car je n'arrivais pas à détacher les images de leur facture logicielle propre au *plug-in* dont elles étaient issues. J'ai donc opté pour une mise au point hors foyer.

J'ai ensuite réalisé une recherche visuelle et technique pour donner un aspect rappelant le percept, au sens de la Gestalt, là où la reconnaissance des ensembles de formes donne, par exemple, le sens « chaise » à des formes similaires (voir Figure 1.10).

Comme premier test, j'ai regroupé plus de 300 photographies de chaises en cherchant sur Internet au moyen de différents moteurs de recherche et dans plusieurs langues pour obtenir des résultats variés. J'ai ensuite sélectionné uniquement les chaises sur un fond blanc, classé les images selon l'angle de la prise de vue et redimensionné les images selon un format commun. Puis, j'ai généré une séquence vidéo où défilent rapidement toutes ces images de chaises. La chaise et ses parties demeurent reconnaissables dans l'accumulation, ses contours sont éclatés et l'ensemble génère une sorte de tache vibratile intrigante. Malgré mes efforts pour constituer une grande banque d'images, la faible diversité d'images rassemblées prodigua un résultat qui ne me semblait malheureusement pas assez rapide, riche et évocateur pour poursuivre dans cette direction.



Figure 1.10 : Robert, B. (artiste). (2010). Esquisse pour l'œuvre *Déplie d'un regard automate*

Si ce test eût été convaincant, j'aurais fort probablement poursuivi le projet dans le domaine de la vidéo, avec toutes les considérations que cela implique. Mais avant de lâcher prise, j'ai néanmoins testé de multiples fusions fixes à partir de ces images. Le résultat quelque peu tarabiscoté me mena vers une solution sobre et évocatrice : des photographies uniques d'objets similaires, prises dans des contextes et à des moments différents.

Pour ce faire, plutôt que de constituer une grande banque de photographies d'objets divers susceptibles d'être utilisées dans mes photomontages, il s'avéra plus efficace de créer une liste en fonction des éléments figurant dans l'image principale et évoquant une pluralité d'associations de souvenirs.

Lors de l'incrustation de cette collection d'éléments sur la photographie principale, le choix de certains éléments s'avéra évident, alors que d'autres furent plus complexes à sélectionner à cause de l'impact de ces choix sur la composition de l'image. Certains détails intéressants se trouvant parfois trop rapprochés les uns des autres, j'ai dû retourner sur le terrain à plusieurs reprises pour photographier des objets que je voulais maintenant mettre en évidence.

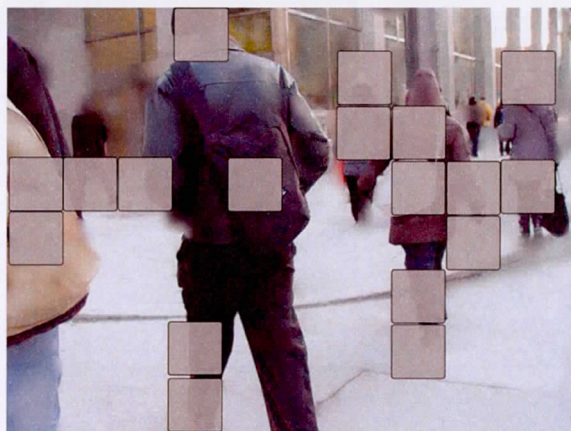


Figure 1.11 : Robert, B. (artiste). (2010). Esquisse pour l'œuvre *Déplie d'un regard automate*

Dans cette esquisse, j'ai réalisé de multiples interventions sur la photographie en arrière-plan pour atténuer certains détails. J'ai aussi ajouté une collection de carrés gris représentant, pour moi-même, la position, le nombre et la grosseur des détails photographiques que je souhaitais incorporer à une photographie d'un lieu public similaire. Cette esquisse me permit d'évaluer l'effet des incrustations sur la composition de l'image et favorisa la cohérence de mes prises de décisions artistiques subséquentes.

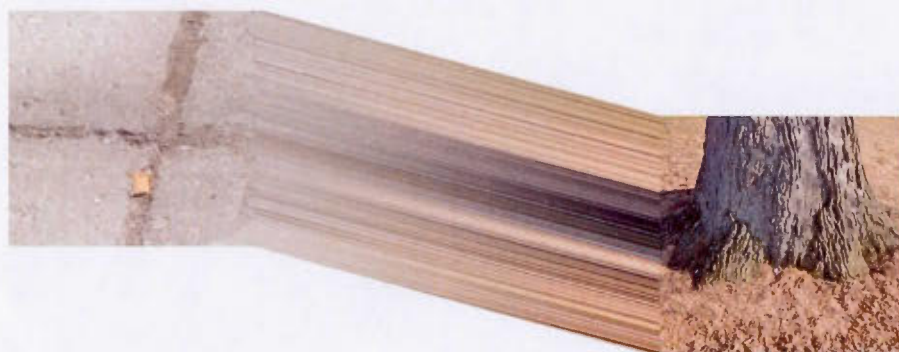


Figure 1.12 : Robert, B. (artiste). (2010). Esquisse pour l'œuvre *Déplie d'un regard automate*

Pour accentuer les relations entre les détails photographiques, j'ai expérimenté différentes manières de créer des liens visuels pragmatiques entre ces détails : en variant les points d'entrée et de sortie des liens, en variant leur largeur, leur coloration, en copiant l'image plusieurs fois ou en étirant la bordure de l'image. Mais ces relais prenaient parfois trop d'importance dans l'image, d'autres masquaient des éléments intéressants ou produisaient une composition dérangement. En réponse à ces expérimentations, j'ai décidé d'étirer la dernière rangée de pixels d'un détail photographique vers la première rangée de pixels d'un détail connexe (et inversement). Puis, j'ai utilisé un dégradé pour créer une transition depuis la couleur de la rangée de pixels d'une image jusqu'à la couleur de l'autre image (voir Figure 1.12, p. 18).

1.7 Déplie d'un regard automate

Au cours de ce projet de création, deux photomontages ont été réalisés, montés sur support rigide et exposés au Centre d'expérimentation de la maîtrise à l'UQAM (CDEx) en 2011.



Figure 1.13 : Robert, B. (artiste) (2011). *Déplie d'un regard automate N° 1*

Dans l'œuvre *Déplie d'un regard automate N° 1*, la photographie principale a été prise depuis la rue St-Denis. On peut y voir des passants, des restaurants, des voitures, des arbres et une multitude d'autres objets. Sur cette image horizontale, légèrement hors foyer, on peut reconnaître en avant-plan, à droite, le détail d'une roue d'une voiture rouge superposé sur la roue d'une voiture grise. Sur la tête de l'homme figurant au centre, le détail d'une casquette bleu et blanc masque la casquette beige que celui-ci portait alors. Sur l'arbre en avant-plan, le détail d'un tronc d'arbre mature est superposé sur un jeune tronc. Il en va de même pour plus d'une dizaine d'autres

éléments composant l'image. De format carré, les images surimposées ne possèdent pas de bordure. Néanmoins, par leur netteté et leur contraste chromatique, ces éléments se détachent distinctement de l'arrière-plan. Chaque élément est lié aux autres par des dégradés chromatiques. Dans le cas de la casquette, la bordure droite est liée au détail du sac à dos par un large dégradé de couleurs qui se propage depuis l'extrémité de l'image, avec les couleurs rouge, turquoise et grise de la casquette jusqu'à prendre les teintes de gris du sac à dos. Dans d'autres cas, c'est l'extrémité gauche, le haut, le bas ou plusieurs côtés à la fois qui lient l'élément aux autres détails photographiques.

S'inscrivant dans le champ de l'art numérique, ce photomontage procède à une fragmentation de la vision monoculaire de la photographie et en organise les éléments telles des touches de peinture, redéfinissant la composition. L'œuvre aborde la spatio-temporalité à travers la multiplicité, comme des connexions entre des formes ayant cours à travers le temps. Les manipulations numériques de l'image me permirent de créer, par les superpositions et les étirements des bordures de pixels, un pli de l'espace-temps à l'intérieur de l'œuvre. Nous verrons que, dans mes travaux plus récents, la récursivité et le multiple se retrouveront au cœur même de l'œuvre, devenant génératifs, fractals.

1.8 Repli

En cours de production, à travers chacune des étapes, une période de recherche et de tests a toujours précédé le choix du procédé : la mise hors foyer de l'image principale, l'incrustation d'un détail photographique différent de l'élément figurant dans l'image et l'étirement des bordures reliant les éléments entre eux. Ces choix ont eu des répercussions sur la composition de l'œuvre, sur l'effet qu'elle produit, de même que

sur le sens qu'elle véhicule. Compte tenu de l'impact du choix des détails photographiques sur la composition de l'image, j'ai réalisé une sélection plus restreinte que ce que j'avais planifié dans ma première esquisse (voir Figure 1.11, p. 17). Cette composition m'a mené à choisir de ne pas tracer un chemin de regard unique reliant les éléments entre eux, mais un réseau de liens. Du même coup, ce changement dynamise la composition et dresse un portrait plus riche des associations de souvenirs. Ainsi, plutôt que d'évoquer un long fil temporel plié sur lui-même, l'œuvre évoque un réseau de relations entre des formes similaires. Cette relation comporte également une certaine analogie avec le réseau de mémoire associative utilisé par les algorithmes d'apprentissage-machine profond dans l'accès aux informations stockées en mémoire.

Bien que satisfait du résultat de ces recherches, je n'ai vu, à l'époque, que très peu de variations possibles sur la manière de poursuivre ce projet à long terme. En déplaçant le travail dans le domaine de la vidéo, j'ai cherché à apporter des ajustements qui auraient permis de créer une dynamique évolutive pour cette démarche. J'ai donc exploré en vidéo la thématique du pli spatio-temporel impliqué dans la génération des formes à travers cinq aspects : les notions d'évanescence, de relation, de percept, d'attention et de frontière passé-présent. Au cours de cette recherche vidéographique, la majorité des choix stylistiques ont été conservés : le contexte du lieu public, les proportions des images, la juxtaposition d'une image floue et d'une image détaillée et l'effet de traînée qui s'étire depuis la périphérie de l'image.

Entre tous ces projets réalisés depuis le début de ma maîtrise jusqu'à ce point, l'utilisation de la caméra demeura ma source principale d'acquisition de matériel. Mais l'introduction de l'image de synthèse vidéo transforma radicalement ma manière d'aborder la thématique.

1.9 Fusion de deux « points de vue »

À cette étape de mes études, je ne voyais pas encore la cohérence de mon cheminement. De plus, un profond désir me poussait à trouver un projet de recherche artistique qui serait à même de tirer profit de mes recherches professionnelles dans le domaine de l'ingénierie logicielle. Certaines notions apprises concernant l'interdisciplinarité en art ont également eu un effet décisif sur l'orientation de mes recherches. Je comprenais enfin que des domaines qui m'inspirent profondément, tels que les mathématiques, la physique, la biologie et l'ingénierie logicielle, peuvent, tout comme la philosophie et la psychologie, alimenter un projet de recherche en art contemporain. Il était dorénavant impératif pour moi de donner un caractère de plus en plus multidisciplinaire à mon travail, afin que ces deux pôles de ma vie professionnelle se nourrissent mutuellement et soient mus par mes intérêts communs afin d'augmenter les possibilités de variations et d'intensités au sein de mon travail.

1.10 Point de vue sur le pli spatio-temporel

Au cours de cette première période de recherche à la maîtrise, la thématique que j'ai explorée au sein de ma production artistique est demeurée focalisée sur la génération des formes. Cette recherche s'est appuyée, entre autres, sur le concept du pli (Deleuze), sur la théorie de la Gestalt (Grondin) en psychologie cognitive, de même que sur les découvertes récentes dans le domaine des algorithmes d'apprentissage-machine profond (LeCun, Bengio et Hinton). Ce cheminement, culminant par une fusion entre mon expertise professionnelle et ma démarche artistique, transforma ma pratique du photomontage en une pratique de la programmation nodale. Nous verrons que l'introduction de l'image de synthèse comme moyen de production vidéographique contribuera à me faire abandonner les appareils photographiques et

vidéographiques comme principaux outils d'acquisition d'images. Nous verrons également que mon approche concernant la génération des formes et le déploiement des éléments dans l'espace passera de l'évocation de liens entre les formes et les souvenirs à la création de structures logiques modulant leur organisation.

CHAPITRE 2

Une deuxième période de mes recherches, couvrant les années 2012 à 2015, m'amène à traiter du concept d'articulation à travers la notion « mouler – moduler » développée par le philosophe français Gilbert Simondon tel que reprise par Gilles Deleuze et alimentée par une discussion sur les rapports de similitude et de relation. Je poursuivrai avec la grammaire formelle du *L-System*, une approche biomathématique du développement des plantes à l'échelle cellulaire, élaborée par le biologiste hongrois Aristid Lindenmayer et l'ingénieur informatique canadien Przemyslaw Prusinkiewicz. Puis, j'aborderai la relation artiste-machine comme co-créatrice d'une œuvre générative auto-organisée, à travers la recherche de l'artiste et théoricien britannique Harold Cohen. Le travail de Cohen (génération d'organisations formelles et chromatiques) et celui de l'artiste britannique et ingénieur informatique Andy Lomas (générations procédurales de formes auto-organisées) viendront alimenter l'analyse de mon cheminement artistique durant cette période.

2.1 Articulations et analogies

Après la réorientation de ma pratique du photomontage vers la vidéo, mon processus de création se transforma afin d'explorer plus concrètement la génération des formes numériques en tant qu'ensembles auto-organisés, en évolution dans le temps et l'espace. Par « ensembles auto-organisés », j'entends une mise en forme qui favorise l'équilibre instable d'un groupe d'éléments, mû par des forces internes au système et non dirigé par une source externe. Avant d'entrer dans le vif du sujet, il me sera nécessaire de préciser le concept d'articulation dont Deleuze a discuté en lien avec la philosophie de Gilbert Simondon et qui me permet de tisser des liens entre les éléments de mon cheminement.

L'articulation consiste en ceci : « position d'unités significatives, déterminables en tant que ces unités sont déterminables par des successions de choix binaires. » (Deleuze, 1981, §2²)

Deleuze utilise ici le concept d'articulation afin de définir le langage de codes, ou le langage numérique. Mais ce concept est également applicable aux ensembles de formes auto-organisées en fonction de leur contexte spatio-temporel. Au sens large, le concept d'articulation définit les types de liens qui se créent entre des éléments.

[...] articulation, en tant qu'évocation spécifique d'une forme de lien (permettant de « tenir » ou de « maintenir » ensemble, de façon dialogique, des éléments hétérogènes, contradictoires), est ainsi parente, congruente dans le même registre linguistique, du latin *conjugere* (conjonction, conjoncture) ou de « tisser ensemble » (complexité). (Ardoino, 2006, §12³)

Les liens que les éléments développent dans un ensemble influencent leur maintien, leur transformation et la rupture de leur structuration. Ils sont le vecteur des forces qui modifient la forme de l'ensemble. Ces relations entretenues entre les éléments sont dynamiques et constamment redéfinies au cours du déploiement spatio-temporel de la forme, soit son « point de vue », son mouvement ou son « évènement » en degrés de variations ou d'intensités. Dans ses *Cours sur la peinture* à Vincennes, Deleuze citait Simondon à propos de la différence que celui-ci établit entre « moulage » et

2

[en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : www2.univ-paris8.fr/deleuze/article.php3?id_article=56.

3 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : www.barbier-rd.nom.fr/journal/spip.php?article573

« modulation » : « Mouler c'est moduler de manière définitive; moduler, c'est mouler de manière continue et perpétuellement variable. » (Simondon, 1964, p. 47)

Mes recherches sur la génération des formes numériques m'ont mené à étudier en profondeur la dynamique des liens et des forces agissant dans l'espace et le temps au cœur d'un ensemble en processus d'articulation. Dès les débuts de cette nouvelle période de recherche, j'ai tenté de moduler, de transformer de l'intérieur, le réseau de particules 3D en fonction des liens que chaque élément entretient avec son contexte. « [...] Le vivant se reproduit, non pas par moulage externe... si inexact que ce soit, je pourrai dire, en gros, par cristallisation... il se reproduit par moulage intérieur. » (Deleuze, 1981, §23⁴) Ce concept de « moulage intérieur » donne une très bonne image de la modulation. Pensons par exemple à l'ADN qui « moule » la forme du corps « de l'intérieur », en dotant chaque cellule qui le compose de règles et de conditions qui régissent ses interrelations avec les cellules avoisinantes.

2.2 Plis et articulations

Dans ma première série, l'articulation de l'œuvre *Déplie d'un regard automate N° 1* (Figure 1.13, p. 19) opère au moyen de l'analogie par similitudes, en liant les éléments de l'arrière-plan et les détails photographiques dans une seule et même forme.

C'est ce que l'on avait appelé l'analogie commune, ou, à la limite, l'analogie photographique. Là, l'analogie se définit bien par le transport de similitude. Soit similitude des relations, soit similitude de qualités. [...] Le modèle ce serait le moule. Mouler quelque chose. Lui imposer une similitude. (*Ibid.*, §23)

4 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : www2.univ-paris8.fr/deleuze/article.php3?id_article=56

Par contre, les étirements de pixels liant les détails photographiques par leurs bordures, tissant un réseau de liens entre les éléments de l'ensemble, relèvent de l'analogie par relation et créent un dialogue tant au sein de la composition de l'image qu'au point de vue sémantique.

La possibilité de définir l'analogie par et comme, le langage analogique comme un langage de relations. Des relations d'un type particulier, c'est-à-dire, des relations de dépendance entre "celui qui parle" ou "celui qui émet", entre un émetteur et un récepteur, entre un locuteur et un destinataire. (Deleuze, 1981, §8⁵)

L'œuvre elle-même, qui n'est nul autre que le pli spatio-temporel qui la compose à travers ses diverses étapes et processus de réalisation, relève de l'analogie par modulation. « (...) une modulation c'est comme si le moule ne cessait pas de changer. L'état d'équilibre est atteint immédiatement. » (*Ibid.*, §31)

Dans la seconde partie de mes recherches, nous verrons que le déploiement des particules, établi par des règles informatiques non déterministes, tout comme la thématique concernant la génération de formes, relèvera du processus d'analogie par modulation, n'achevant jamais de redéfinir l'état d'équilibre de l'ensemble de particules.

Le nouveau statut de l'objet ne rapporte plus celui-ci à un moule spatial, c'est-à-dire à un rapport forme-matière, mais à une modulation temporelle qui implique une mise en variation continue de la matière autant qu'un développement continu de la forme. (Deleuze, 1988, p. 28)

La résonance entre les notions de modulation et de pli (les variations de la modulation telle un pli sur un pli, à l'infini) a probablement favorisé la cohérence de mes

5 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : http://www2.univ-paris8.fr/deleuze/article.php3?id_article=56

recherches, me dirigeant vers un médium permettant l'actualisation du pli et procédant sur le mode de la modulation.

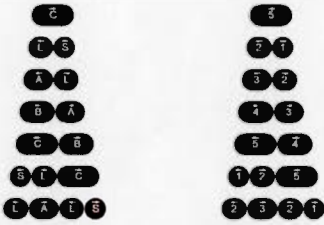
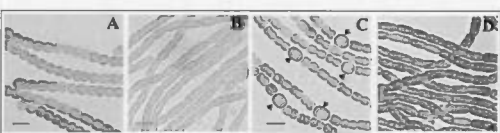
2.3 L-System

Pour bien comprendre la mise en place d'une approche de création faisant appel à l'analogie de modulation au sein de mon processus de recherche artistique, j'aimerais maintenant approfondir le sujet de la grammaire formelle *L-System*, conçue par Aristid Lindenmayer et Przemyslaw Prusinkiewicz.

Lindenmayer systems — or L-systems for short — were conceived as a mathematical theory of plant development (...) The emphasis was on plant topology, that is, the neighborhood relations between cells or larger plant modules. (Prusinkiewicz et Lindenmayer, 2012, p. 1)

Cette approche biomathématique s'appuie sur le développement des plantes à l'échelle cellulaire pour définir les principes qui génèrent la diversité des formes des plantes. L'adaptation informatique qu'en a faite le Dr Prusinkiewicz permet de générer à l'ordinateur un groupe d'éléments, en les organisant au moyen d'une logique interne, afin de donner à l'ensemble un mode de développement similaire à celui des plantes, produisant par le fait même des formes similaires. Les exemples présentés ci-dessous font référence à la structure biologique des longues séquences de cyanobactéries *Anabaena*.

[...] L-systems as a programming language for developmental model construction. The examples presented here refer to a real biological structure, the vegetative segment of a cyanobacterium Anabaena catenula. (Prusinkiewicz, 2003, p. 1)

	
<p>Figure 2.1 : Séquences développementales des filaments de cyanobactéries <i>Anabaena</i>. Le modèle généré au moyen du L-System tient en compte la vitesse de division cellulaire des petites et des grandes cellules. (Prusinkiewicz, 2003, p. 5)</p>	<p>Figure 2.2 : Développement de l'élongation cellulaire de la cyanobactérie <i>Anabaena</i>. Au cours du développement, l'inhibition de l'hétérocyte, une cellule fixatrice d'azote, limite la diffusion de l'oxygène dans les filaments. [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : http://jb.asm.org/content/188/4/1396.full.pdf</p>

J'ai trouvé dans le L-System une méthode qui me permit d'amorcer une production artistique générant des ensembles organisés de formes, selon le mode de l'analogie par similitude, en transformant la structure au moyen d'un système de règles de réécriture basé sur un axiome de départ.

L-systems were conceived by Aristid Lindenmayer as a mathematical formalism for reasoning about growing multicellular organisms. They were originally introduced as an extension of cellular automata, allowing for the addition and removal of cells during an automaton's operation, but were soon rephrased in terms of rewriting systems. (Cité dans Prusinkiewicz, Shirmohammadi et Samavati, 2010, p. 1, L-systems in Geometric Modeling⁶)

Les L-Systems furent conçus pour réfléchir, du point de vue des mathématiques formalistes, à la croissance des organismes multicellulaires. En se basant sur les règles des automates cellulaires de John Conway, un système de grilles de « cellules » évoluant au cours du temps en fonction de leur voisinage, Lindenmayer transforma ces règles en un système de réécriture, permettant entre autres l'ajout et le retrait de

6 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : <http://algorithmicbotany.org/papers/geometric.dcf2010.pdf>

cellules au cours du temps. Notez ici la parenté entre l'opération de réécriture impliquée dans le L-System et le *Recurrent Neural Network (RNN)* permettant aux algorithmes d'apprentissage profond de choisir d'écrire ou de lire dans le réseau de mémoire-machine. Cette particularité donne à ces deux algorithmes la flexibilité nécessaire à la redéfinition constante d'une articulation par modulation.

The rewriting process starts from a distinguished string called the axiom. Assume that it consists of a single letter b . In the first derivation step (the first step of rewriting) the axiom b is replaced by a using production $b \rightarrow a$. In the second step a is replaced by ab using production $a \rightarrow ab$. (Lindenmayer, 2012, p. 5)

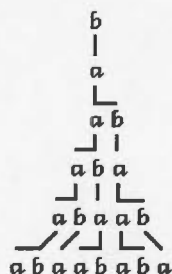


Figure 2.3 : Exemple de dérivations déterministe dans un DOL-System. (Lindenmayer, 2012, p. 4)

$\omega : [\{A(0,0)\}] [\{A(0,1)\}]$
 $p_1 : A(t,d) : d=0 \rightarrow .G(LA,RA) . [+B(t)G(LC,RC,t) .]$
 $\quad \quad \quad [+B(t)\{ . \}A(t+1,d)]$
 $p_2 : A(t,d) : d=1 \rightarrow .G(LA,RA) . [-B(t)G(LC,RC,t) .]$
 $\quad \quad \quad [-B(t)\{ . \}A(t+1,d)]$
 $p_3 : B(t) : t>0 \rightarrow G(LB,RB)B(t-1)$
 $p_4 : G(s,r) : * \rightarrow G(s*r,r)$
 $p_5 : G(s,r,t) : t>1 \rightarrow G(s*r,r,t-1)$

Figure 2.4 : Exemple de dérivation non déterministe dans un L-System. (Lindenmayer, 2012, p. 126) (voir Tableau 1.0, p. 52)

L'opération de réécriture impliquée dans le L-System fonctionne à partir d'un axiome de départ, représenté par une lettre, et de règles, représentées par des signes, pour déterminer la position des éléments dans l'espace. Chaque itération transforme la séquence de lettres et de signes en fonction des règles de production. Ces règles peuvent être, par exemple, que tous les b de la séquence soient remplacés par des a , que tous les a soient ensuite remplacés par ab , ou que tous les $G(s, r, t)$ soient remplacés par $G(s*r, r, t-1)$ si t est plus grand que 1. L'application de toutes les règles de production constitue une itération et,

généralement, de nombreuses itérations sont appliquées sur une séquence de lettres afin de produire une séquence similaire à un processus de croissance végétale.

Bien que le L-System propose une avenue non déterministe (voir Figure 2.4, p. 30 et Tableau 1.0, p. 52) en introduisant une forme de hasard dans le choix de la règle de production à utiliser (p_x), l'ensemble de cette approche reste basé sur l'utilisation d'un axiome de départ (ω) et de règles de production préétablies, déterminant ainsi, dans une certaine mesure, l'issue de la forme. De plus, le développement des éléments de cet ensemble se fait dans l'ignorance de l'évolution de son contexte spatio-temporel, liant d'autant plus l'issue de la forme à ses conditions de départ.

2.4 L-System et ma pratique

À l'hiver 2014, j'ai tenté de traduire le L-System dans le langage de programmation nodale ICE du logiciel Autodesk Softimage, afin d'évaluer le potentiel artistique d'une transposition non déterministe du L-System. Au cours de cette exploration, j'ai pu constater que le principe de réécriture itérative du L-System, composant principal du système qui fut introduit par le professeur Prusinkiewicz, est beaucoup mieux adapté à la programmation linéaire qu'à la programmation nodale.



Figure 2.5 : Robert, B. (artiste) (2010). Esquisse


```

1 def koch(t, order, size):
2     if order == 0:
3         t.forward(size)
4     else:
5         for angle in [60, -120, 60, 0]:
6             koch(t, order-1, size/3)
7             t.left(angle)

```

Figure 2.6 : Règle de production d'une courbe de Koch

Dans la Figure 2.5, p. 31, nous pouvons entrevoir la complexité du système nodal (à gauche) impliqué dans la mise en forme des particules affichées à la droite de l'image. Alors que la Figure 2.6 présente la définition de la fonction *koch* en programmation linéaire, permettant le même type de mise en forme d'une courbe de Von Koch, mais selon le principe de réécriture itérative utilisé dans le L-System. Malgré la complexité évidente de l'approche nodale, j'ai poursuivi mes recherches selon une approche nodale. J'étais en quête d'une formulation des règles qui permette de laisser évoluer le système au fil du temps, puisque je bénéficierais alors d'une approche nodale, plus apte à modifier l'articulation des éléments en fonction de leur contexte et de mes choix artistiques.

Au cours de cette recherche impliquant une appropriation artistique du L-System, j'ai compris que les systèmes déterministes allaient à l'encontre de l'approche que je souhaitais privilégier et que l'influence du contexte sur l'articulation des éléments de l'ensemble serait un caractère clé pour la poursuite de mes travaux.

2.5 L'articulation Cohen-AARON

Porté par mes travaux sur le L-System, j'étais à la recherche d'une approche artistique concordant mieux avec les concepts de champ de points de vue et de modulation.

Le développement ne va pas du petit au grand, par croissance ou augmentation, mais du général au spécial, par différenciation d'un champ d'abord indifférencié, soit sous l'action du milieu extérieur, soit sous l'influence de forces internes qui sont directrices, directionnelles, et non constituantes ou préformantes. (Deleuze, 1988, p. 14)

Je cherchais à établir, en programmation nodale, un système de variations d'intensité contribuant à générer une forme dynamique, en fonction de son milieu et articulé par des forces internes. J'ai trouvé dans les textes d'Harold Cohen un angle tout à fait inspirant qui entre en résonance avec cette orientation que j'ai alors privilégiée pour mes recherches. Cumulant près de 65 années de recherches, sa démarche artistique se situe à l'interface de la peinture et du génie logiciel. Au fil de ses travaux, l'artiste a développé un logiciel, qu'il nomme AARON, pour l'épauler dans la génération d'œuvres picturales auto-organisées. Depuis le mode de production (l'auto-organisation réalisée par AARON) jusqu'à sa démarche artistique (réécrivant les algorithmes de son logiciel depuis 40 ans), tout chez Cohen relève des articulations et des modulations.

*[...] self-assembly implies some primitive element that follows its own local rules for assembling itself into more complex elements. Those assembly rules would have to determine how those elements joined an accumulating form, how many of them the resulting form could sustain, and so on. And if I wanted them to generate a population diverse enough to meet my pictorial requirements, then there would have to be different local assembly rules for different populations of primitive elements. (Cohen, 2009, *The Art of Self-Assembly*, p. 6⁷)*

Les règles d'auto-organisation qu'il a mises en place au fil des ans modulent les formes, les couleurs et les compositions picturales d'une manière riche, subtile et

7 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : <http://aaronshome.com/aaron/publications/dagpaper.odt>

complexe. Ici, le contexte local des éléments module les règles à travers le temps, en générant des vecteurs de transformation non déterministes sur les liens organisationnels. Des regroupements de règles influencent différemment la forme de plusieurs sous-ensembles d'éléments.

*[...] if you've seen it running you've probably spotted how the program maintains continuity; adding new material in the foreground and periodically deleting the oldest material from the background. Since the new material obscures much of what's been left, each cycle results in a substantially new image. (Cohen, 2009, *The Art of Self-Assembly*, p. 1⁸)*

Au cours de la genèse de chaque œuvre, le logiciel AARON maintient une certaine continuité en ajoutant périodiquement du matériel en avant-plan et en retirant certains éléments de l'arrière-plan. Puisque les nouveaux éléments masquent les précédents, chaque cycle aboutit en une image radicalement nouvelle.



8 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : <http://aaronshome.com/aaron/publications/dagpaper.odt>

Figure 2.7 : Cohen, H. (artiste). (2008). 080926-32

Dans l'œuvre numérique 080926-32 (2008) de Cohen, des aplats de couleurs se superposent les uns sur les autres, masquant les éléments sous-jacents et atténuant leur netteté. Ce mode de recouvrement itératif amène le logiciel AARON à ajouter de nouvelles formes sur chaque zone de l'image. Ceci déplace le point de vue (en transformant la composition de l'image) alors que le pli temporel (par la répétition des recouvrements) module l'œuvre de l'intérieur, en fonction du contexte local des éléments qui la composent. Ce mode de production propre au processus pictural procédant par ajouts itératifs, ici réalisé au moyen d'algorithmes logiciels, présuppose un passage nécessaire du temps.

Les éléments de figuration dans les toiles de Cohen évoquent des feuilles, des branches et des fleurs et éveillent une large gamme de souvenirs. Ces éléments impliquent ainsi un pli temporel en procédant sous le mode de l'analogie par similitudes.

2.6 Créativité et relation artiste-machine

Bien qu'AARON fut qualifié comme étant l'un des logiciels d'intelligence artificielle les plus créatifs, interrogé sur le sujet, Cohen confia n'accorder aucune aptitude créatrice à la machine et douter que celle-ci n'en acquière la capacité dans un avenir rapproché. « *While AARON has been hailed as one of the most creative AI programs, Cohen consistently rejects the claims of machine creativity.* » (Sundararajan, 2013, p. 136). Pourtant, l'autonomie de la machine durant les étapes de production et de modulation de ses œuvres est complète. Il accorde même à AARON un plus grand talent de coloriste qu'à lui-même et admet n'avoir jamais pu imaginer ou générer de telles images. « *I believe that my dialog with AARON is an example of machine*

creativity, albeit a small one. » (Cohen, 2010, *Driving the Creative Machine*, p. 16⁹) Selon lui, la créativité dont témoigne ses œuvres ne provient ni uniquement du programmeur, ni uniquement du logiciel, mais bien de leur dialogue, témoignant d'une certaine forme de créativité de la machine.

Creativity – this particular example of creativity – lay in neither the programmer alone nor in the program alone, but in the dialog between program and programmer. (Ibid., p. 9)

Cohen entretient avec AARON un rapport très riche qui confère à l'ordinateur plus qu'un simple rôle d'outil permettant d'augmenter ses capacités techniques. Exprimer un processus de production dans un langage machine adapté à l'humain force l'artiste à réfléchir aux plus fines subtilités des choix et des avenues à emprunter, clarifiant ainsi sa propre pensée. Comme la machine exécute les procédures textuellement, sans a priori ni considération extérieure, « *devising local rules for attaching cells, without any regard to the appearance of the outcome* » (Ibid., p. 11), l'artiste est à même de constater les imprécisions et les incohérences de sa pensée. De ce fait, le dialogue artiste-machine contribue à faire progresser la recherche et mène à des découvertes insoupçonnées. Ce rapport de dialogue entretenu entre Cohen et AARON lie l'artiste, le programme et l'œuvre dans un réseau de relations indissociables. *Obviously I was the source of the knowledge behind AARON's new expertise – it had no other source – but the form of that expertise in the program was quite alien to me.* (Cohen, 2010, *Driving the Creative Machine*, p. 8¹⁰) Amorçant à mon tour une relation artiste-machine par ma pratique artistique, des formes insoupçonnées se mirent effectivement à émerger, telles qu'une dynamique évoquant le plancton par exemple,

9 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : <http://aaronshome.com/aaron/publications/orcastalk2s.pdf>

10 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : <http://aaronshome.com/aaron/publications/orcastalk2s.pdf>

modulant et redéfinissant constamment l'ensemble de mon processus de création artistique.

2.7 La relation artiste-machine dans mon travail

Par son approche non déterministe de l'organisation générative des formes liée au contexte local des éléments de l'image, le travail de Cohen a eu sur moi un effet catalyseur. Plutôt que d'établir les règles en fonction d'un axiome de départ et de règles de réécriture itératives tel que le propose le L-System, je me mis à organiser les formes au moyen de forces déployées en fonction du contexte spatio-temporel liant les particules entre elles.

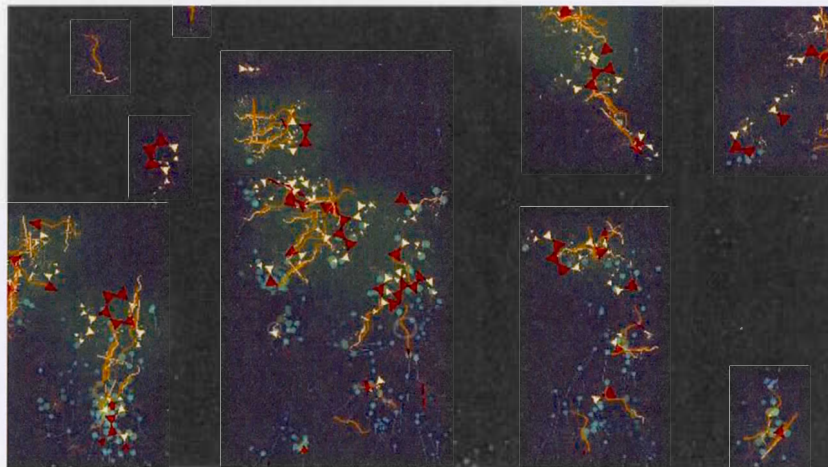


Figure 2.8 : Robert, B. (artiste). (2014). *Systémique in silico*

Dans l'œuvre *Systémique in silico* (Figure 2.8, p. 37), j'ai établi un système de forces non déterministe au sein duquel plusieurs groupes de particules 3D sont articulés les uns avec les autres. Amorçant une relation avec l'ordinateur sans réellement m'en rendre compte, je développais, au moyen du langage de programmation nodale ICE sur le logiciel Softimage, les bases d'un système de relations dynamiques que j'utilise encore aujourd'hui.

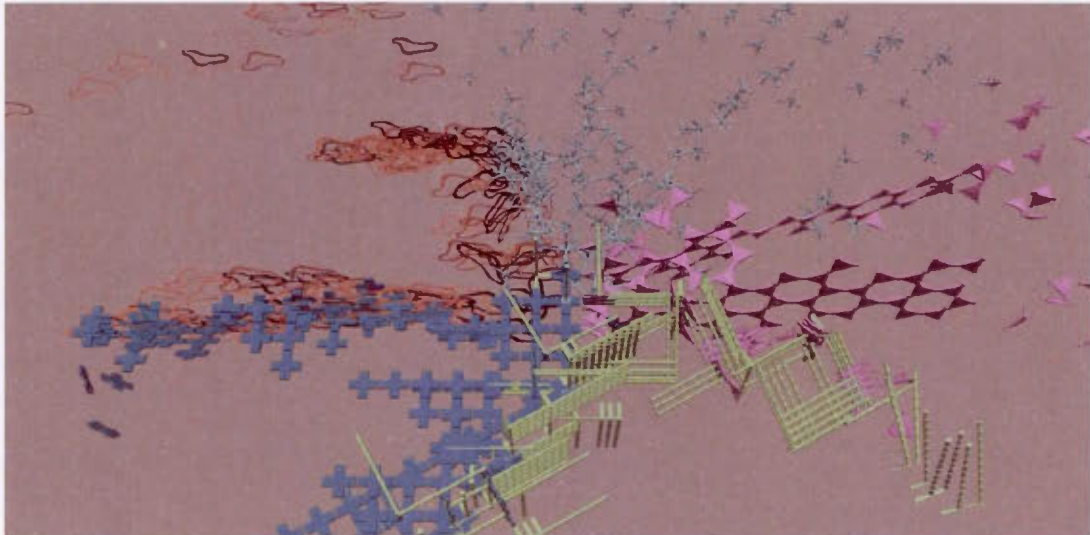


Figure 2.9 : Robert, B. (artiste) (2014). Esquisse réalisée pour l'œuvre *Systémique in silico*

*Why couldn't the program generate its own forms? Well, it could. In the new version of the program, everything is built from an abundant supply of a single element; a small, hexagonal cell which attaches itself to the corners of other cells. (Cohen, 2010, *Driving the Creative Machine*¹¹, p. 11)*

Inspiré par les auto-organisations de Cohen, basées sur l'utilisation de cellules hexagonales et permettant à chaque cellule de s'attacher aux coins des autres cellules, j'ai doté chaque particule 3D (voir Figure 2.9, p. 38) de plusieurs « points de vues », (lire potentialités, ou forces en action). Ces points d'attache, spatialisés dans les trois axes, permirent aux particules avoisinantes de venir s'arrimer, durant un certain temps, sur l'un des points de potentialités inoccupés, puis de s'arrimer à une autre particule en fonction du contexte.

Cette recherche a donné lieu à une série de vidéos (voir Figure 2.9, p. 38) rappelant la palette chromatique et la dynamique des interrelations du plancton sous le mode de l'analogie par relation. Bien que fasciné et inspiré par la biologie marine, je n'ai pas

¹¹ [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL : <http://aaronshome.com/aaron/publications/orcastalk2s.pdf>

cherché à évoquer les écosystèmes planctoniques. Le système dynamique que je venais de mettre en place se mit à produire des interrelations inattendues, analogues aux dynamiques présentes dans les microcosmes sous-marins. J'ai simplement choisi de conserver cette dynamique aquatique et de lui donner une ambiance chromatique cohérente.

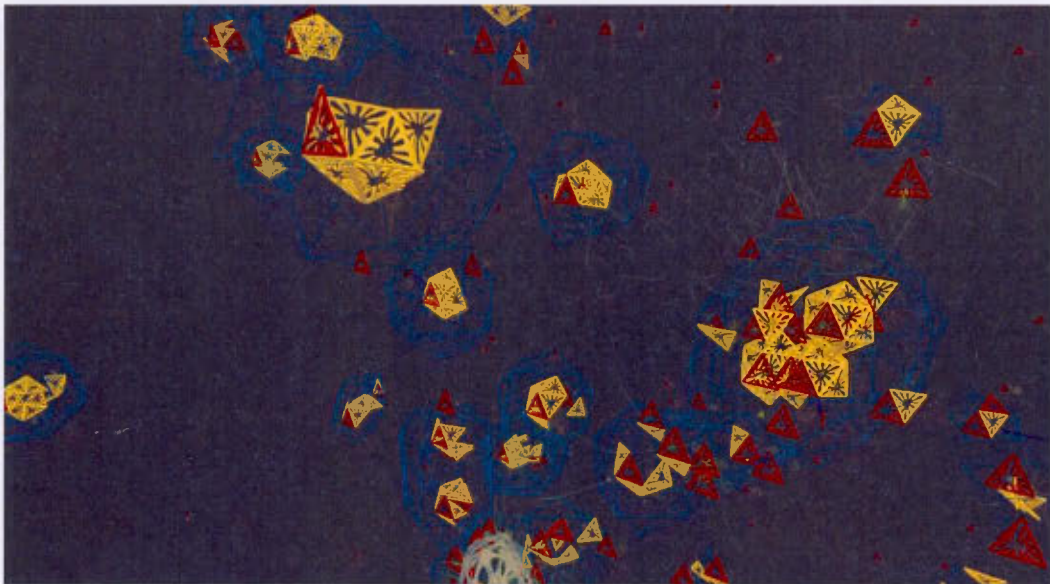


Figure 2.10 : Robert, B. (artiste) (2014). *Crossed Trails*

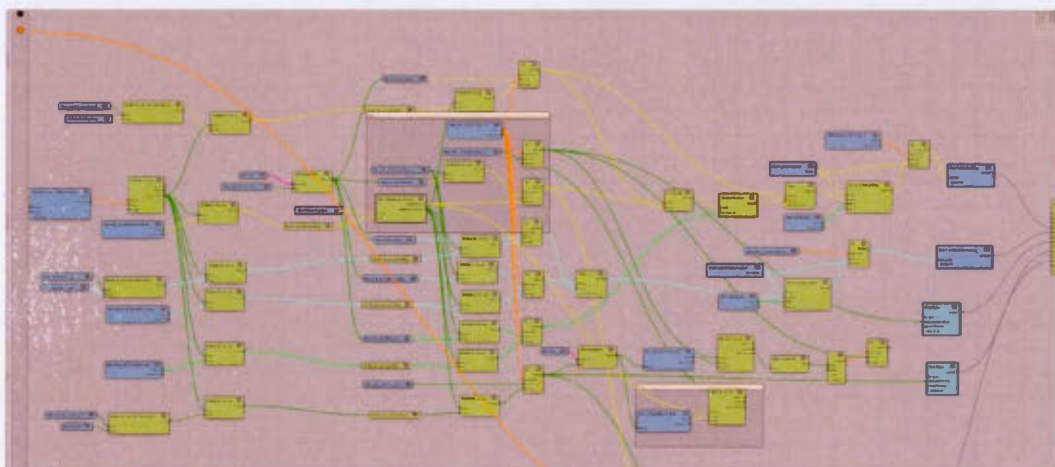


Figure 2.11 : Robert, B. (artiste) (2014). Détail du système de règles de l'œuvre *Crossed Trails*

Poursuivant ces travaux à travers la réalisation de l'œuvre *Crossed Trails* (Figure 2.10, p. 39), l'espace, qui était principalement bidimensionnel dans mon travail antérieur, se déploya dans l'espace. La complexité du système de règles se mit malheureusement à croître de manière exponentielle jusqu'à devenir problématique (voir Figure 2.11, p. 39). L'augmentation de la complexité d'un système augmente les risques de confusion dans la production, la transmission et la réception de l'information circulant dans le système. Dans ce cas particulier, l'enchevêtrement complexe des règles nodales devint un frein pour mon processus de création. De plus, malgré un mode organisationnel lié au contexte spatio-temporel, l'utilisation des points de potentialités avait pour effet importun d'homogénéiser l'organisation de l'ensemble. Je compris, à travers cette recherche, l'intérêt de développer un système dynamique plus fluide et plus flexible, procédant par modulation.

2.8 *Cellular Forms*

Ces recherches m'ont mené à m'intéresser à nouveau au travail de l'artiste et informaticien britannique Andy Lomas. Je connaissais sa série d'impressions numériques et de vidéos portant sur une appropriation artistique de l'algorithme *Diffusion Limited Aggregation (DLA)*. Le modèle *DLA* fut conçu par T.A. Witten Jr. et L.M. Sander, pour produire des formes de la famille des flocons et des cristaux en faisant appel à un axiome de départ, tel que pour les L-Systems. Depuis ce travail, Lomas avait réalisé une nouvelle série d'œuvres portant sur la morphogenèse, de même qu'une publication¹² expliquant de manière rigoureuse les principes d'organisation morphogénétique mis en évidence par ses recherches. La morphogenèse, ce phénomène qui régit l'organisation et la structure des formes, est impliquée dans de multiples processus biologiques et physico-chimiques.

12 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL :

http://www.andylomas.com/extra/andylomas_paper_cellular_forms_aisb50.pdf

Selon ce principe, des forces organisatrices internes idéelles (des formes substantielles dynamiques) se déploient spatio-temporellement lors des processus de morphogenèse et engendrent l'unité concrète, réelle et perceptible des organismes. (Petitot, sans date, *Forme*¹³, §18)

Andy Lomas utilise une version numérique simplifiée d'un modèle de croissance cellulaire pour générer des structures interreliées donnant forme à son réseau de particules 3D. Les règles et les forces interagissant entre les particules fonctionnent selon un principe similaire à l'accumulation des nutriments dans un organisme vivant, en déterminant le déclenchement du dédoublement des particules.

Cellular Forms uses a simplified model of cellular growth to generate intricate sculptural shapes. Structures are created out of interconnected cells, with rules for the forces between cells, as well as rules for how cells accumulate internal nutrients. When the nutrient level in a cell exceeds a given threshold the cell splits into two, with both the parent and daughter cells reconnecting to their immediate neighbours. (Lomas, 2014, Cellular Forms¹⁴, p. 1)

Cette approche logicielle lui permet de générer à l'ordinateur une série d'œuvres avec une grande diversité de formes auto-organisées complexes rappelant les détails d'une variété d'objets, de matières et d'organismes. En opérant sous le mode de l'analogie par similitude, de subtiles variations dans les règles transforment les structures internes et modulent de l'intérieur le réseau de forces qui relie les particules, créant des formes qui rappellent les plantes, le corail, les organes internes et les micro-organismes sans pourtant les représenter explicitement.

Many different complex organic structures are seen to arise from subtle variations of these rules, creating forms with strong reminiscences of plants, corals, internal organs and microorganisms. (Ibid., p. 1)

13 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL :

<http://www.universalis-edu.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/encyclopedia/forme/>

14 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL :

http://www.andylomas.com/extra/andylomas_paper_cellular_forms_aisb50.pdf

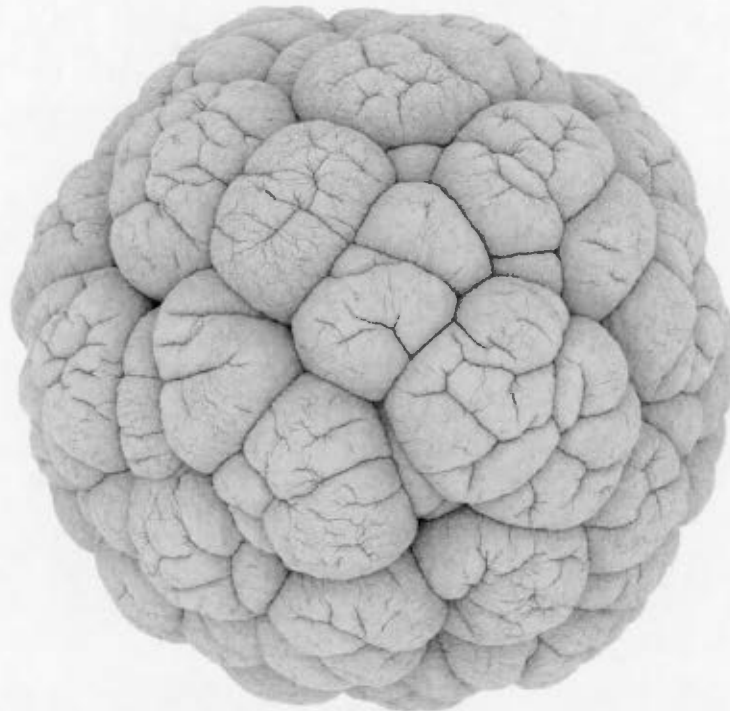


Figure 2.12 : Lomas, A. (artiste). (2014). *Cellular Form 18_0011_0023*

En observant *Cellular Form 18_0011_0023* (2014) de Lomas (Figure 2.12), ce n'est pas la silhouette de la forme qui éveille des réminiscences, mais bien l'organisation structurale des éléments de l'ensemble de particules qui évoque le plissement et la circonvolution. Ce type d'évocations non explicites nous renvoie aux images tout aussi peu distinctives générées lors de l'utilisation des algorithmes de reconnaissance d'image par apprentissage profond, tel que le visage énigmatique issu des caractéristiques structurales sélectionnées par le réseau de mémoire machine *RNN* (Figure 1.3 de R. Woodley et A. Mers, à la page 9 de ce mémoire).

In particular, simulation systems that are inspired by biological processes, such as morphogenesis, can be used as a powerful means to explore the nature of organic form. (Lomas, 2014, *Cellular Forms*¹⁵, p. 1)

Par cette proximité structurelle, les œuvres de Lomas font appel à la mémoire et aux souvenirs visuels. N'éveillant aucun souvenir en particulier, les formes évoquent un type de souvenirs dont l'assise spatio-temporelle est multiple : un réseau de souvenirs liés entre eux par des analogies de similitudes, des souvenirs regroupés par familles de formes, en fonction de leur structure interne, modulée par les éléments qui composent ces divers matières et organismes. En éveillant des réseaux de souvenirs à partir d'une seule forme, les œuvres de Lomas procèdent non pas tel un point de vue, mais bien tel un « champ de points de vue » (Deleuze, 1988) sur la forme. Les évocations qu'elles suscitent regroupent de multiples formes, sans égard à l'échelle, tel que les plis (Figure 2.12, p. 42), regroupant les replis de la peau, du cerveau, des viscères et jusqu'aux replis de la croûte terrestre. L'issue de ces formes s'avère être une création des plus surprenantes et improbables, offrant un regard neuf sur les formes qui nous constituent et nous entourent.

*For several years AARON's material had been essentially, though not explicitly, botanical; I mean that my goal was not to generate identifiable and "correct" images of particular plants, but rather to generate material that could stand-in for those plants in evoking a natural environment. From a programming point of view, the code emulated the structure of leaves and trees, not their appearances, and each element would be grown from scratch, so to speak, not trotted out as variations of stored prototypes. (Cohen, 2010, *Driving the Creative Machine*¹⁶, p. 10)*

15 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL :

http://www.andylomas.com/extra/andylomas_paper_cellular_forms_aisb50.pdf

16 [en ligne] consulté le 31 octobre 2015. URL :

<http://aaronshome.com/aaron/publications/orcastalk2s.pdf>

Tout comme Cohen, l'évocation de structures formelles biologiques n'a pas pour objectif la représentation d'un élément identifiable, mais s'avère plutôt la conséquence d'un processus de création inspiré de règles morphogénétiques, transformant, modulant ou générant des formes, dans la poursuite d'une recherche de création personnelle et originale.

2.9 Modulations et formes

Le travail de Lomas m'a permis d'explorer une approche artistique générative où l'articulation des particules 3D est modulée de manière non déterministe, sans axiomes de départ, en fonction du contexte spatio-temporel local des particules et des forces internes, constamment redéfinies à travers le temps, qui les relie. Grâce à cette approche, ce sont les « événements » (Deleuze, 1988) qui, localisés dans le temps et l'espace, entrent en relation avec les éléments de l'ensemble et déclenchent l'articulation de quelques règles simples de modulation des forces, modifiant ainsi l'évolution des formes. D'une manière comparable, ma découverte de chercheurs tels que Lindenmayer, Cohen ou Lomas a produit des « événements » dans ma recherche, des changements actifs sur mon processus, qui a fait bifurquer mon travail de manière insoupçonnée et a porté cette nouvelle approche artistique de génération numérique de formes.

Certaines de mes vidéos issues de cette période de recherche comportent des qualités formelles caractéristiques de la matière telles que les amas, les replis, les plans ou les brèches, déplaçant ainsi le travail vers un territoire en contact avec la sculpture, la vidéo et l'art génératif.

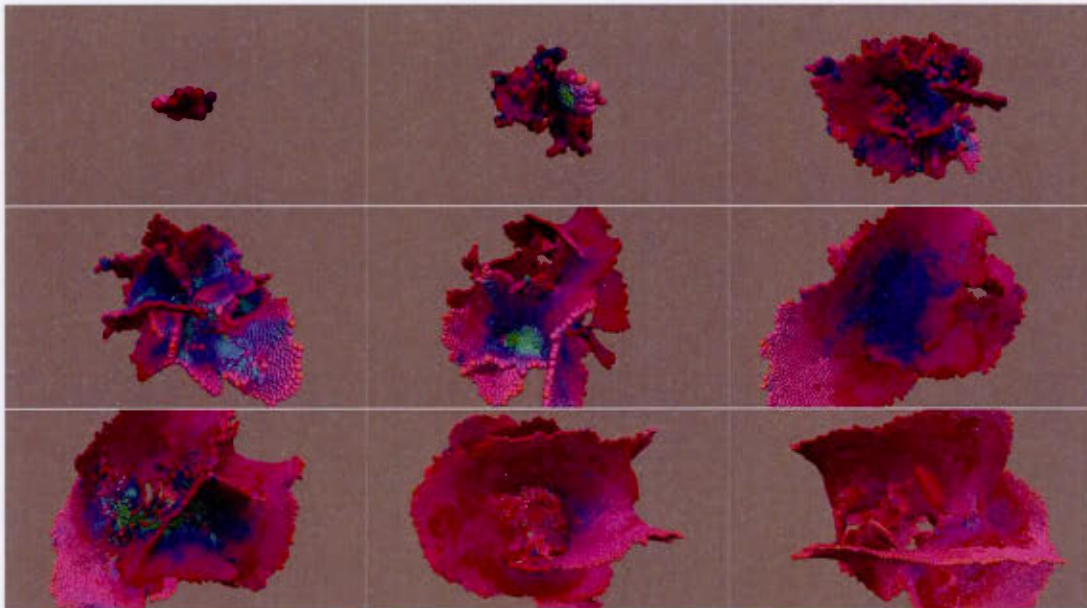


Figure 2.13 : Robert, B. (artiste). (2014). *Morphogenèse* (Images fixes d'une animation autogénérative de particules, numéros 94, 436, 1066, 1471, 1849, 2236, 2488, 3190 et 3542)

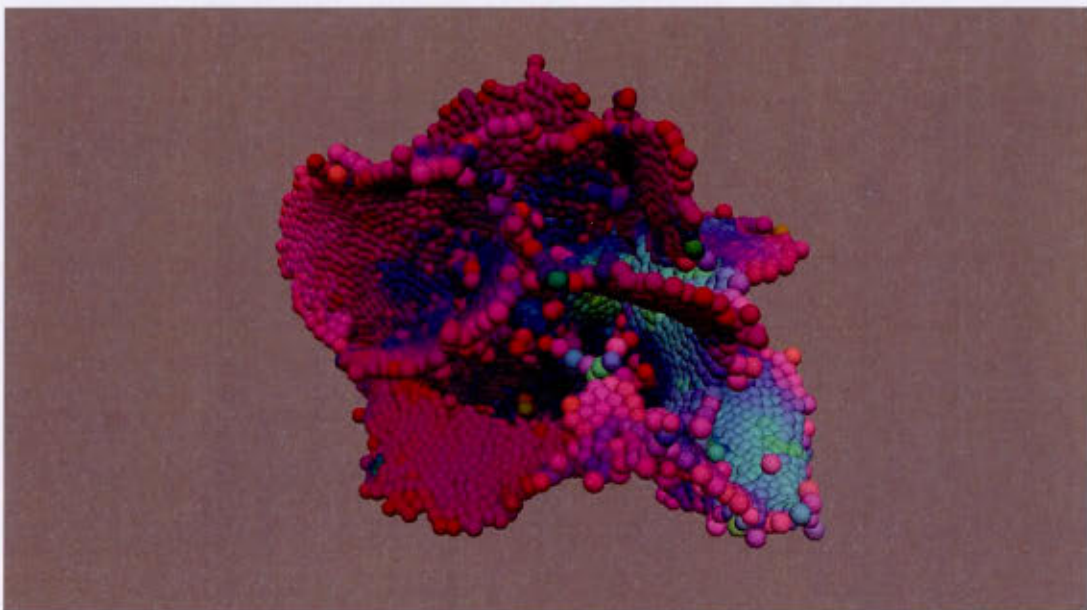


Figure 2.14 : Robert, B. (artiste). (2014). *Morphogenèse*

Dans le cas de l'œuvre vidéographique *Morphogenèse*, exposée au CDEx en décembre 2014, l'évolution dynamique du système de particules transformait constamment les liens unissant les particules entre elles, modifiant de ce fait la forme générée par le mouvement. L'aspect technique de la production et de la réalisation de ce travail a été rendu possible grâce à une recherche en programmation nodale basée sur le langage ICE, dédié aux simulations de particules 3D et disponible dans le logiciel Autodesk Softimage. À terme, chaque élément fut à même de partager avec les particules voisines une série d'informations concernant son contexte. À titre d'exemple, la propension d'une particule à se subdiviser fut actualisée par sa coloration, selon une gamme chromatique allant du vert pâle au rouge sombre. Chaque particule fut à même de se positionner par rapport à son contexte, et de produire, au moyen de forces et de liens temporaires, des plans et des courbures dans la mise en place de la forme globale. Dans ce système dynamique en quête d'un équilibre constamment renouvelé, aucun référent n'est clairement représenté, mais la cinétique des particules est à même d'évoquer le phénomène de la division cellulaire tout comme l'organisation microbiologique. Depuis le singulier jusqu'à l'acmé, l'œuvre évolue à travers tous les stades de sa création, puis recommence à partir de son état initial, évoquant le cycle de la vie et de la mort, caractère fondamental des systèmes biologiques.

2.10 Modulations et interactivité

Au cours de l'été 2015, j'ai poursuivi mes recherches en développant l'aspect interactif de mon exposition de fin de maîtrise, afin que le lieu et les participants puissent devenir acteurs des modulations de l'œuvre par l'intermédiaire d'une animation de particules générée en direct. J'ai ainsi exploré l'utilisation d'une caméra web afin de

transposer en vecteurs de force la position qu'occasionnent les mouvements des participants dans l'espace de la galerie.

À partir de 550 photographies, j'ai réalisé une photogrammétrie 3D de la Galerie Luz, où sera présentée mon exposition de fin de maîtrise. La photogrammétrie est une technique de modélisation tridimensionnelle d'objets ou de lieux à partir de triangulations photographiques. Puis, j'ai mis en place une méthode de modulation non déterministe des formes, donnant à la photogrammétrie de la salle d'exposition des forces et des contraintes en fonction du contexte spatio-temporel de chaque élément qui la compose.



Figure 2.15 : Robert, B. (artiste). (2015). *Empty Space XY*

Pour la réalisation de l'œuvre *Empty Space XY* (Figure 2.15), j'ai choisi d'abord la thématique de l'exposition, préalablement déterminée par la directrice de la Galerie Luz et qui se nommait *Espaces vides*, et de l'orienter en fonction de ma problématique de recherche. À travers cette proposition, la salle d'exposition, cet

espace vide et immaculé, se trouve transformée par une série de forces, générant des plis et des courbures des murs, planchers et plafonds. En proposant une mise en abîme de la galerie en tant qu'œuvre présentée dans cette même galerie, tel que celle-ci soit affectée par les forces de l'attraction gravitationnelle et de tensions internes agissant sur elle et en elle, l'œuvre fait écho au concept de pli de Gilles Deleuze. De même, à travers le système procédural non déterministe établissant les règles et les contraintes de transmission des forces en fonction du contexte spatio-temporel, l'œuvre explore la notion de modulation de Gilbert Simondon.

2.11 Repli réflexif sur la modulation

Au cours de cette seconde période à la maîtrise, ma thématique de recherche s'est à nouveau précisée, accordant une place cruciale à l'implication active de l'influence du contexte spatio-temporel sur la modulation des formes numériques. En réponse aux expérimentations issues d'une appropriation artistique du L-System, je me suis mis à chercher une approche non basée sur un axiome de départ permettant au système de tenir compte du contexte local de chaque particule. Puis, inspiré par le travail de Cohen, mes expérimentations m'ont mené à chercher un système de transmission des forces véhiculées par des événements localisés dans le temps et l'espace. Finalement, le travail de Lomas m'a permis d'explorer un type de lien en perpétuelle redéfinition comme moteur principal des modulations de forces agissant sur les particules. Ce n'est qu'aujourd'hui, après avoir pris un certain recul réflexif par rapport à mon travail, que j'ai été à même de tisser les liens de parenté entre mon approche artistique et les notions de modulation et de pli élaborées par Simondon et Deleuze. L'intellectualisation progressive de ces filiations philosophiques me permettra sans doute de continuer à explorer mon sujet et de poursuivre mes recherches avec plus de cohérence. Au cours de ce cheminement, mon approche de l'art numérique, par le

biais de la programmation nodale, a profondément transformé ma relation avec la machine. Procédant aujourd'hui sur le mode de la cocréation, cette relation a elle-même été modulée au cours de mes recherches, redéfinissant les vecteurs d'influence dans mon travail. Ce nouveau mode de création collaborative avec l'ordinateur, permettant une interaction entre l'œuvre, le lieu et les participants, me semble très fécond et propice au développement d'une démarche de création modulée et modulable.

CONCLUSION

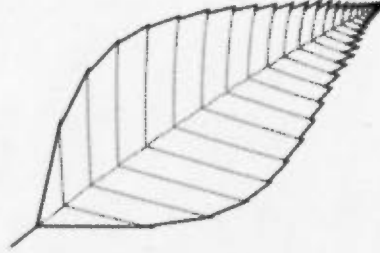
Comme nous avons pu le constater, les sources d'inspiration de mon travail de recherche-création au cours de la première période de ma maîtrise sont restées focalisées autour de la génération des formes issues de la mémoire et déclenchées durant le phénomène de la reconnaissance visuelle. Une série de prises de conscience me menant à un point de rupture ont été provoquées par trois facteurs. D'une part, mes recherches dans le domaine de la philosophie, de la psychologie cognitive, de l'apprentissage-machine profond et de l'art contemporain m'ont permis de préciser mon champ d'intérêt pour les processus génératifs de création de formes. D'autre part, ma pratique exploratoire du photomontage numérique et de la vidéo m'a mené à la recherche d'un mode d'expression permettant l'auto-organisation, qui s'incarna pour moi en l'imagerie de synthèse. Finalement, mon désir de fusionner mon travail de recherche en arts visuels et en ingénierie logicielle a favorisé l'introduction d'une plus grande interdisciplinarité dans mes sources d'influences. Ce déplacement de ma pratique du photomontage vers la vidéo transforma également le mode opératoire de mon travail artistique de *l'analogie par similitudes*, à *l'analogie par relation*.

D'une façon similaire, une focalisation s'est opérée au cours de la deuxième période de ma maîtrise. Mon appropriation artistique du langage L-System m'a permis de préciser mon intérêt pour les systèmes non déterministes. Puis, mon travail sur l'auto-organisation inspiré par la démarche d'Harold Cohen m'a permis de mettre l'accent sur l'influence du contexte spatio-temporel durant la modulation de la forme. Finalement, influencé par le travail d'Andy Lomas, mon travail sur les formes du mouvement générées en imagerie de synthèse m'a permis de développer un dialogue de cocréation avec la machine, dépassant ainsi les limites immédiates qui étaient les miennes. Tous ces déplacements m'ont permis d'étudier la modulation des formes de l'intérieur, au moyen d'un mode d'expression artistique s'actualisant dans un système (artistique, théorique, informatique, synthétique) modulé et modulant.

L'exploration des systèmes formels génératifs évoluant de manière non déterministe sous l'influence du contexte spatio-temporel me semble une avenue riche en expérimentations. De plus, cette approche me permet de poursuivre une démarche de création s'articulant sur le mode et selon les principes de la modulation. Grâce à ce cheminement, je sens enfin que chacun des aspects impliqués dans ma recherche de création se trouve en accord et en résonance avec mon sujet, engageant celle-ci dans une articulation qui module de l'intérieur la forme même de ma démarche artistique.

Au-delà du déplacement qui s'est opéré sur mon médium et sur ma démarche, mon champ d'intérêt et ma compréhension de l'émergence des formes se sont également transformés. Orchestrant le cœur d'un système, j'ai appréhendé les liens et les rapports de forces qui génèrent les formes et les modulent au cours du temps, là où la forme est modulation spatiotemporelle.

Tel un pli dans la continuité de ma démarche, j'estime qu'il pourrait être judicieux, pour la prochaine étape de mes recherches, de réintroduire les plis temporels dans mon travail en tant qu'événements déclencheurs de forces de modulation des formes.



$n=25, \delta=60^\circ$

```
#define LA 5      /* initial length - main segment */
#define RA 1.15   /* growth rate - main segment */
#define LB 1.3    /* initial length - lateral segment */
#define RB 1.25   /* growth rate - lateral segment */
#define LC 3      /* initial length - marginal notch */
#define RC 1.19   /* growth rate - marginal notch */

 $\omega$  : [[A(0,0).]] [[A(0,1).]]
 $p_1$  : A(t,d) : d=0  $\rightarrow$  .G(LA,RA).[+B(t)G(LC,RC,t).]]
                                     [+B(t){.}A(t+1,d)
 $p_2$  : A(t,d) : d=1  $\rightarrow$  .G(LA,RA).[-B(t)G(LC,RC,t).]]
                                     [-B(t){.}A(t+1,d)
 $p_3$  : B(t) : t>0  $\rightarrow$  G(LB,RB)B(t-1)
 $p_4$  : G(s,r) : *  $\rightarrow$  G(s*r,r)
 $p_5$  : G(s, $\frac{t}{2}$ ,t) : t>1  $\rightarrow$  G(s*r,r,t-1)
```

Figure 5.8: A rose leaf

Rose leaf

Figure 5.7 shows a long-stemmed rose with the leaves modeled according to Figure 5.8. The L-system combines the concepts explored in Figures 5.5 and 5.6. The axiom contains modules $A(0,0)$ and $A(0,1)$, which initiate the left-hand and right-hand side of the leaf. The development of the left side will be examined in detail. According to production p_1 , in each derivation step apex $A(t,0)$ extends the midrib by internodes $G(LA,RA)$ and creates two colinear apices $B(t)$ pointing to the left. Further extension of the lateral axes is specified by production p_3 . The leaf blade is constructed as a sequence of trapezoids, with two vertices lying on the midrib and the other two vertices placed at the endpoints of a pair of lateral axes formed in consecutive derivation steps. The module $G(LC,RC,t)$ introduces an offset responsible for the formation of notches at the leaf margin. Production p_4 describes the elongation of internodes responsible for overall leaf shape, while production p_5 controls the size of the notches. The development of the right side of the blade proceeds in a similar manner, with production p_2

RÉFÉRENCES

- Ardoino, J. (2006). *A propos des concepts d'« articulation », de « situation » et de « dispositif »*. Le Journal des Chercheurs. URL : <http://www.barbier-rd.nom.fr/journal/spip.php?article573>
- Cohen, H. (2009). *The Art of Self-Assembly*. Harold Cohen. URL : <http://aaronshome.com/aaron/publications/dagpaper.odt>
- Cohen, H. (2010). *Driving the Creative Machine*. Harold Cohen. URL : <http://aaronshome.com/aaron/publications/orcastalk2s.pdf>
- Deleuze, G. (1981). *Cours du 12/05/81 – 2*. Université Paris 8. URL : http://www2.univ-paris8.fr/deleuze/article.php3?id_article=56
- Deleuze, G. (1987). *Cours Vincennes - St Denis - 20/01/1987*. Webdeleuze. URL : <http://www.webdeleuze.com/php/texte.php?cle=135&groupe=Leibniz&langue=1>
- Deleuze, G. (1988). *Le Pli. Leibniz et le Baroque*. Paris : Les Éditions de Minuit.
- Grondin, S. (2013). *Psychologie de la perception*. Québec : Presses de l'Université Laval.
- Hegde, A. (2013). *Deep Learning - a Literature Survey*. SlideShare. URL : <http://fr.slideshare.net/akshaymuroor/deep-learning-24650492>
- LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. (2015). « Deep Learning. » Dans *Nature*, 2015/521 no 7553
- Lemaire, P. (1999). *Abrégé de psychologie cognitive*. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.
- Lomas, A. (2014). *Cellular Forms: an Artistic Exploration of Morphogenesis*. AndyLomas. URL : http://www.andylomas.com/extra/andylomas_paper_cellular_forms_aisb50.pdf
- Pacherie, É. et Proust, J. (2004). *La Philosophie Cognitive*. Paris: Ophrys.
- Petitot, J. (2015). *Forme*, Encyclopædia Universalis. URL : <http://www.universalis-edu.com.proxy.bibliotheques.uqam.ca:2048/encyclopedie/forme/>
- Prusinkiewicz, P. et Lindenmayer, A. (2012). *The algorithmic beauty of plants*. New York : Springer.

- Prusinkiewicz, P. (2003). *Introduction to Modeling with L-systems*. Algorithmic Botany at the University of Calgary. URL : <http://algorithmicbotany.org/papers/sigcourse.2003/1-9-L-fundamentals.pdf>
- Prusinkiewicz, P., Shirmohammadi, M., Samavati, F. (2010). *L-systems in Geometric Modeling*. Algorithmic Botany at the University of Calgary. URL : <http://algorithmicbotany.org/papers/geometric.dcfs2010.pdf>
- Simondon, G. (1964). *L'individu et sa genèse physico-biologique*. Paris : Presses universitaires de France.
- Sundararajan, L. (2013). « Mind Machine and Creativity. ». Dans *The Journal of Creative Behavior*, John Wiley and Sons. 2013/48, no 2.